

Projet de fin d'étude

ETUDE HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE CHICHAOUA (MAROC)

Réalisé par : KHEZAMI Qacem

ABOULFAOUARIS Fahd

Soutenu le : 23 JUIN 2022

Devant la commission d'examen composée de :

- Mr JALAL MOUSTADRAF, Encadrant interne, FST Marrakech
- Mme INSAF NEJAR & FATIHA CHOUKRI , Encadrant externe, ABHT
- Mr ABDELFATTAH BENKADDOUR, Examineur, FST MARRAKECH

2021/20



Remerciement

AU TERME DE CE STAGE DE FIN D'ÉTUDES, IL NOUS EST AGRÉABLE D'EXPRIMER NOS SINCÈRES REMERCIEMENTS à TOUS CEUX QUI NOUS ONT AIDÉ à LE MENER à TERME, QUE CE SOIT AU DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE DE LA FACULTÉ DE SCIENCES ET TECHNIQUES DE MARRAKECH OU à L'AGENCE DE BASSIN HYDRAULIQUE DE TENSIFT. ON REMERCIE CE GRAND HOMME, NOTRE ENCADRANT INTERNE MONSIEUR JALAL MOUSTADRAF, POUR SES CONSEILS, SA COLLABORATION, SA DISPONIBILITÉ, SES APPUIS PENDANT TOUTE LA PÉRIODE DE STAGE, ET SON ENCOURAGEMENT QUI NOUS A AIDÉ à SURMONTER NOS DIFFICULTÉS. MERCI MONSIEUR, VOS PRÉCIEUX CONSEILS, VOS COMMENTAIRES, ET VOS CRITIQUES ONT ÉTÉ TRÈS UTILES POUR ÉLABORER CE TRAVAIL. UN PETIT MOT DE MERCI AVEC UNE GRANDE GRATITUDE QU'ON RESSENT SINCÈREMENT ENVERS VOS EFFORTS ET DÉVOUEMENT.

SANS OUBLIER DE REMERCIER MONSIEUR MOHAMMED EL MEHDI SAIDI ET MONSIEUR HASSAN IBOUH POUR LEUR DISPONIBILITÉ ET LEUR AIDE.

UN GRAND MERCI à TOUT LE PERSONNEL DE L'AGENCE DU BASSIN HYDRAULIQUE DE TENSIFT. ET PLUS PARTICULIÈREMENT MADAME NEJJAR INSAF ET MADAME CHOUKRI FATIHA POUR NOUS AVOIR APPORTÉ ASSISTANCE TOUT LE LONG DE CE TRAVAIL.

Dédicace :

ON DÉDIE CE MÉMOIRE à

NOS CHERS PARENTS QUI ONT TOUJOURS ÉTÉ Là POUR NOUS, ET QUI NOUS ONT DONNÉ UN MAGNIFIQUE MODÈLE DE LABEUR ET DE PERSÉVÉRANCE, DE TOUS LES SACRIFICES QU'ILS ONT CONSENTI POUR NOUS PERMETTRE DE SUIVRE NOS ÉTUDES DANS LES MEILLEURES CONDITIONS POSSIBLES ET N'AVOIR JAMAIS CESSÉ DE NOUS ENCOURAGER TOUT AU LONG DE NOS ANNÉES D'ÉTUDE.

A TOUS NOS AMIS(E) POUR LEUR DISPONIBILITÉ INCONDITIONNELLE, LEURS AIDE INESTIMABLE ET AMITIÉ RARE .

A TOUS CEUX QUI ONT CONTRIBUÉ à NOTRE FORMATION, PARTANT DU PRIMAIRE ET ARRIVANT à NOS PROFESSEURS AU SEIN DE LA FSTG, ON DÉDIE CE TRAVAIL.

**“ L'EAU N'OUBLIE PAS SON
CHEMIN.”**

Table des matières :

Introduction.....	1
Chapitre I :Présentation de la zone d'étude.....	3
I-1/ Cadre général	3
I-2/Contexte climatique.....	3
I-3/Reliefs et géomorphologie.....	4
I-4/ Sols	5
I-5/Population.....	6
I-6/Contexte hydrologique... ..	6
I-7/Contexte géologique... ..	9
I-8/Contexte hydrogéologique.....	11
Chapitre II : Etude hydropluviométrique... ..	14
I- Régime pluviométrique de la station de Chichaoua	15
I-1/ Variabilité annuelle.....	15
I-2/ Variabilité saisonnière	16
I-3/Variabilité mensuelle.....	16
II- Régime hydrologique de la station de chichaoua	17
II-1/ Variabilité annuelle.....	17
II-2/ Variabilité saisonnière.....	18
II-3/ Variabilité mensuelle	19
CONCLUSION.....	20

Chapitre III : Description du bassin versant de Chichaoua	21
1- GENERALITES SUR LES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE ET MORPHOLOGIQUE DES BASSINS VERSANTS.....	22
A- <i>Forme du bassin versant</i>	22
B- <i>Relief du bassin versant</i>	22
C- <i>La pente moyenne du bassin</i>	23
2-DELIMITATION DU BASSIN VERSANT DE CHICHAOUA.....	23
3-GEOMETRIE ET CARACTERISTIQUES DES RELIEFS DES BASSINS VERSANTS	24
A- <i>L'hypsométrie</i>	24
B- <i>carte des pentes</i>	26
C- <i>Le réseau hydrographique</i>	28
ChapitreIV : Etude hydrologique	29
1- DEMARCHE METHODOLOGIQUE	30
A- <i>Méthode probabiliste : Ajustement statistique</i>	30
B- <i>Méthode de Gradex</i>	30
B-1- <i>Rappel du principe de la méthode de Gradex</i>	30
B-2- <i>Conduite de la méthode</i>	31
C- <i>Estimation du coefficient de pointe Cp</i>	32
2- Les résultats	32
A- <i>Ajustement statistique au droit de la station de Chichaoua</i>	32
B- <i>Méthode de gradex au droit de la station de chichaoua</i>	34
CONCLUSION GENERALE.....	36

Liste des Figures :

Figure 1 :La situation géographique de la province de chichaoua.....	3
Figure 2: Carte du Modèle Numérique de Terrain du bassin versant Chichaoua	5
Figure 3. Carte du réseau hydrographique du bassin versant Chichaoua.....	7
Figure 4. Carte géologique de Chichaoua	10
Figure 5. Superficies d’affleurement des principales formations géologiques	11
Figure 6. La courbe des pluies annuelles de la station de Chichaoua 1973-2020	15
Figure 7. Courbe des précipitations saisonnières de la station Chichoua 1973-2020.....	16
Figure 8. La courbe des précipitations mensuelles moyennes de la station Chichaoua 1973-2020	17
Figure 9. La courbe des débits de pointes annuels durant une période de 34ans (1970-2004)	18
Figure 10. illustrant les débits moyens saisonniers durant une période de 44ans (1970-2014)	18
Figure 11. Courbe illustrant la variation des débits moyens mensuels durant une période de 43ans (1971-2014)....	19
Figure 12. Carte de la limite du bassin versant de Chichaoua dans son fond topographique	24
Figure 13. Carte hypsométrique du bassin versant de Chichaoua.....	25
Figure 14. Courbe hypsométrique du bassin versant de Chichaoua.....	26
Figure 15. Carte des pentes en degré du bassin versant de Chichaoua.....	27
Figure 16. Carte du réseau hydrographique du bassin versant de Chichaoua.....	28
Figure 17. Graphique d'ajustement des Qp annuels de la station Chichaoua selon la loi Weibull	33
Figure 18. Graphique d'ajustement des précipitations Pjmax annuelles de la station Iloudjane	34

Liste des tableaux :

Tableau 1: Répartition des reliefs selon leurs superficies	5
Tableau 2. Potentiel pédologique	6
Tableau 3. Caractéristique des réseaux hydrographique de la province de Chichaoua	6
Tableau 4 : Caractéristiques des principales sources	9
Tableau 5. Précipitations saisonnières moyennes entre 1973 et 2020 à Chichaoua	16
Tableau 6. Caractéristiques géométriques du bassin Versant de l'oued Chichaoua	24
Tableau 7. Caractéristiques de relief et de pente du BV de l'oued Chichaoua	26
Tableau 8. Caractéristiques des stations hydrologiques de la zone d'étude	30
Tableau 9. Débits de pointe de la station de Chichaoua (Loi Weibull)	33
Tableau 10. Comparaison entre l'étude de l'ABHT et les résultats de notre étude	34
Tableau 11. Débits de pointe de la station Chichaoua par la méthode de Gradex	35
Tableau 12. Comparaison des résultat de période de retour	35

Introduction

L'eau est présente partout sur la Terre, appelée la planète bleue. Elle est pourtant très mal répartie et représente aujourd'hui une ressource de plus en plus convoitée. Cette source qui est indispensable à la vie et à toutes les activités humaines est abondante mais sa répartition inégale rend l'accès à cette richesse différenciée selon les sociétés et les états.

La maîtrise de l'eau est un enjeu majeur pour le développement des sociétés humaines, de ce fait La gestion rationnelle des eaux, constitue de nos jours une inquiétude primordiale de tout usager. En effet, les ressources en eau deviennent de plus en plus limitées pour des raisons de demande croissante et concurrentielle des différents secteurs utilisateurs (eau potable, irrigation, industrie, etc....). Surtout que la zone centrale du Maroc connaît un climat aride à semi-aride qui limite les apports de l'eau superficielle pour alimenter les nappes.

L'eau prend de plus en plus une importance croissante dans notre vie, cependant apprendre à gérer cette ressource ça revient en fait à maîtriser sa rareté mais aussi son excès, à assurer l'alimentation en eau potable, agricole et industrielle sans oublier de maintenir sa qualité et la préserver. Cette gestion exige l'élaboration de méthodes adéquats et l'usage d'outils afin de minimiser les risques d'inondation et d'étiages. Devant des contraintes sociales, démographiques et industrielles, le Maroc a immobilisé depuis les années soixante de remarquables efforts de mobilisation de son potentiel hydrique et a fait face aux différents challenges sur le plan socio-économique. Cependant ces efforts nécessitent en plus une maîtrise des aléas climatiques extrêmes notamment les phénomènes de sécheresse et les crues par l'établissement de plan d'action à l'échelle de chaque bassin afin d'adopter des stratégies plus adéquates pour satisfaire la demande en eau sans altérer sa qualité ainsi qu'améliorer les performances des infrastructures (barrage, forages de captage...) et aussi penser à des aménagements innovants pour optimiser la gestion de ces ressources.

La présente étude s'inscrit dans le cadre du projet de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de licence sciences et techniques : filière Eau et Environnement. Le stage s'est déroulé au sein de l'Agence du bassin Hydraulique du Tensift (ABHT) du 09 mai au 19 juin de l'année 2022.

L'objectif de ce travail est l'étude hydrologique du bassin versant de Chichaoua.

Le manuscrit s'organise en quatre chapitres :

- Le premier chapitre consiste à présenter le secteur d'étude en relation avec son cadre géographique, naturel et socioéconomique. Y seront exposées les différentes infrastructures, activités et compétences économiques de la zone d'étude.
- Le deuxième chapitre porte sur l'étude hydropluviométrique ;
- Le troisième chapitre concerne la caractérisation géomorphologique du bassin versant de Chichaoua ;
- Le quatrième chapitre a pour objet la détermination des débits de pointes au droit de la station de Chichaoua pour différentes périodes de retour ;
- La conclusion générale donnera une synthèse de tous les résultats obtenus et proposera des perspectives.

I /Présentation de la zone d'étude :

I- 1 /Cadre général :

Avec une superficie de 6872 Km², la province de Chichaoua se trouve au centre du Maroc et fait partie de la Wilaya de Marrakech appartenant à la région économique de Marrakech–Tensift– Al Haouz. Elle est délimitée par la province d'Essaouira à l'ouest, la province d'El Haouz et la préfecture Marrakech Menara à l'est, la province de Safi au Nord et la province de Taroudant au sud. Le Chef-lieu de la province, en l'occurrence le centre de Chichaoua, constitue un carrefour de passage vers le sud du pays et vers l'ouest à destination d'Essaouira et Safi.

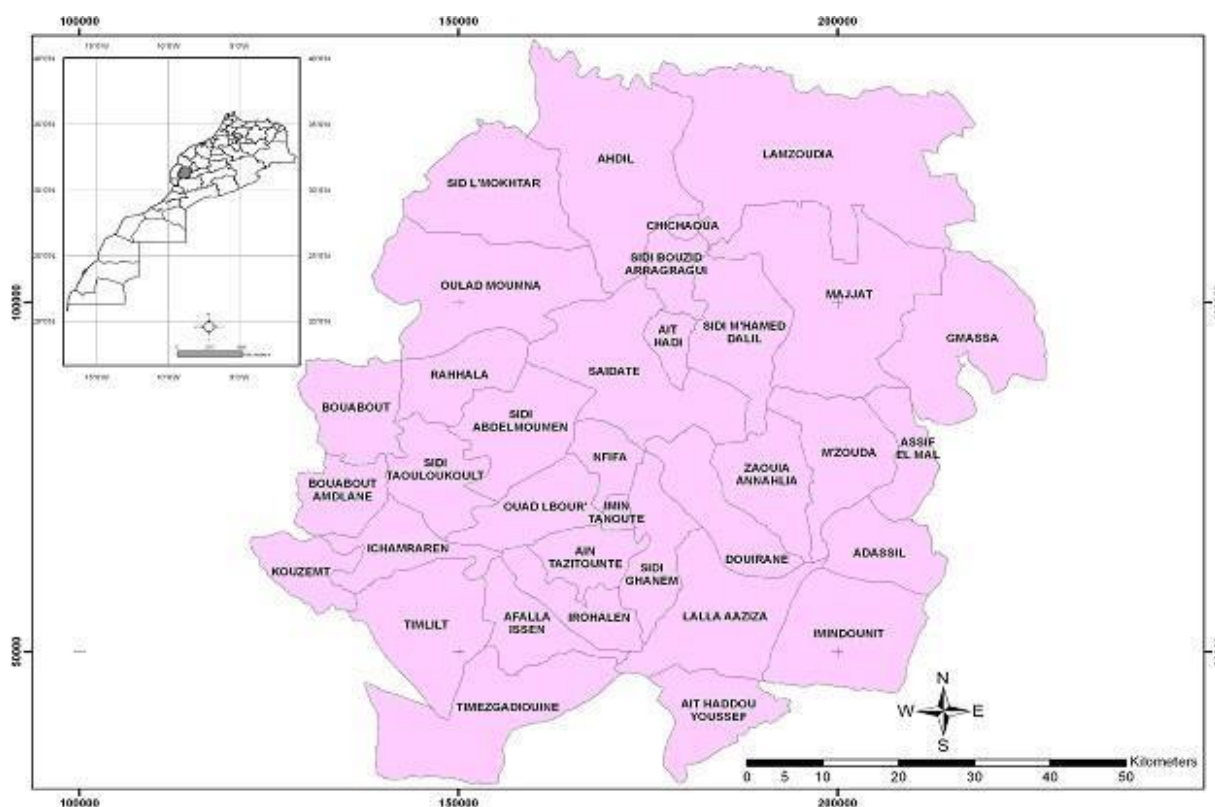


Figure 1 :La situation géographique de la province de chichaoua

I- 2/Contexte climatique :

Sur l'ensemble de la plaine, règne un climat continental, du type aride, caractérisé par une pluviosité faible et irrégulière, des températures moyennes élevées, avec des écarts mensuels de grande amplitude, une hygrométrie faible et une forte évaporation. L'emprise saharienne se traduit en été par de fortes chaleurs, des orages et des vents chauds et desséchants (Chergui). L'éloignement relatif de l'Atlantique diminue fortement des effets modérateurs de l'océan.

Le régime des précipitations est continental, de type aride ; la moyenne des précipitations annuelles pour la période 1973 – 2020 dans la station de Chichaoua est de 177,8 mm.

La saison pluvieuse s'étend généralement du mois d'octobre au mois de mai et la température

moyenne annuelle varie entre 15 et 20 degrés.

➤ **Evaporation :**

L'évaporation moyenne annuelle varie entre 1 800 mm sur le versant atlasique et 2600 mm dans la plaine du Haouz, Les valeurs minimales sont enregistrées pendant le mois de Janvier alors que les valeurs maximales caractérisent les mois juillet et août Près de 50% de l'évaporation totale est enregistré durant les quatre mois de juin à septembre (d'après, Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau).

➤ **Le vent :**

La connaissance du régime dominant des vents est une notion importante. Les observations faites au niveau de la station d'épuration de la ville de Chichaoua montrent que le vent souffle dans la direction Ouest-Est. La vitesse moyenne annuelle du vent est de l'ordre de 3 km/h en montagne et 5 km/h en plaine.

I- 3/Reliefs et géomorphologie :

Le territoire de la province s'étend sur un relief diversifié caractérisé par trois zones nettement distinctes :

Une zone de plaine qui est une vaste étendue à relief pratiquement plat où l'altitude est de l'ordre de 600 m ; sa partie occidentale est un relief relativement accentué présentant des altitudes entre 1000 m et 3200 m ;

Une zone montagneuse du Haut Atlas Occidental s'étalant sur une superficie de l'ordre de 33% de la superficie totale, de forme sensiblement carrée et formée de plateaux étagés s'abaissant progressivement vers l'Ouest et vers le nord. Le point culminant atteint les 3226 m ;

Une zone de piémont reliant la plaine à la chaîne du Haut Atlas s'allongeant d'Imintannout à Ait Ourir (Province d'Al Haouz).

Du point de vue morphologique, la région est une succession de crêtes anticlinales étroites remarquablement continues, d'orientation E-W à NE-SW et d'altitude presque invariable séparées par des couloirs occupés par des synclinaux à fonds plats.

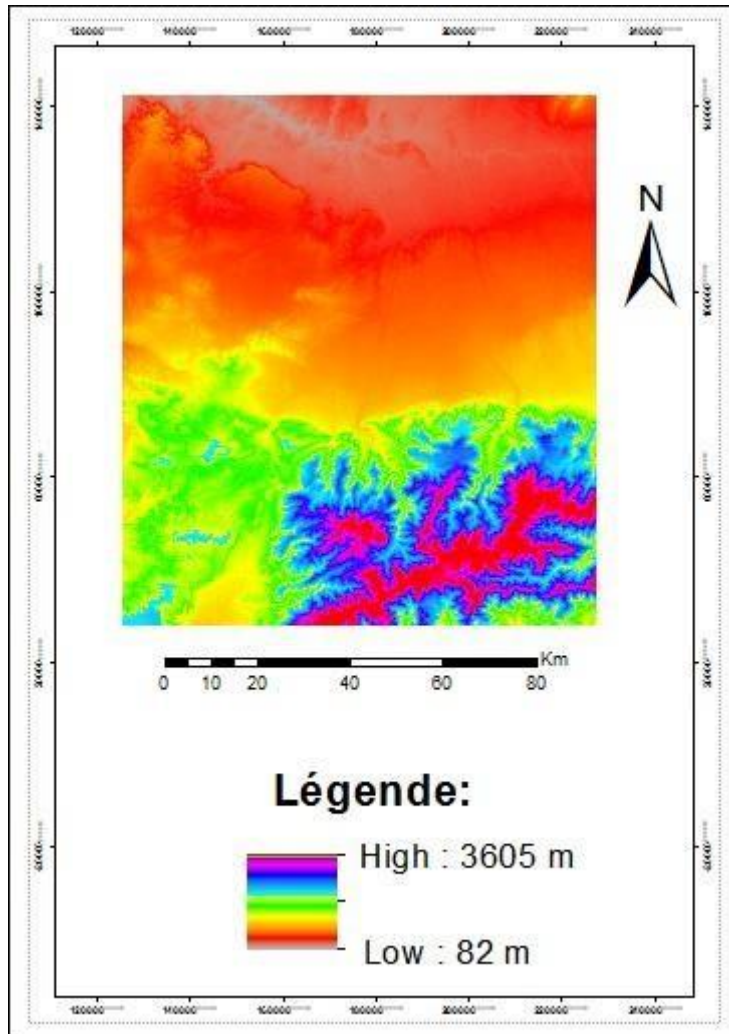


Figure 2: Carte du Modèle Numérique de Terrain du bassin versant Chichaoua.

Tableau 1: Répartition des reliefs selon leurs superficies "SOURCE : [1]"

Type de relief	Superficie en %
Terrains plats	40.0
Terrains en pente	16.0
Collines	24.0
Montagnes	20.0
Total	100.0

I-4/ Sols

Le potentiel pédologique de cette province est plutôt pauvre. En effet, de grandes étendues sont occupées par des horizons profonds mis à nu, des horizons calcaires, des sols de pierrosité élevée et des sols de qualité médiocre.

Tableau 2 : Potentiel pédologique "SOURCE : [1]"

Type de sol	.Superficie en %
Harch	62.0
Hamri	14.0
Rmel	12.0
Dehs	7.0
Rkwane	3.0
Tirs	1.3
Byad	0.7
Total	100.0

I- 5/Population :

Selon le dernier recensement général de la population et de l'habitat (RGPH, 2014), la population de la province de Chichaoua était de 369 955 contre 339 818 en 2004, L'exode rural affecte cette région et dont la majorité des migrants ne choisissent pas les communes rurales ou urbaines de la province comme destination.

I- 6/contexte hydrologique :

➤ Réseau hydrographique :

La relative abondance des précipitations sur le versant nord atlasique favorise un ensemble hydrographique bien hiérarchisée de direction Sud-Nord appartenant au bassin du Tensift ; ces oueds sont issus de formations calcaires ou marno-calcaires du crétacé-éocène et du jurassique supérieur. Le principal cours d'eau de la zone est l'oued Chichaoua qui est un affluent rive gauche du Tensift. Il est formé par la confluence, à 15 km au Sud de Chichaoua, de trois grands affluents : l'oued Ameznas à l'ouest, l'oued IminTannout au centre et l'oued Seksaoua à l'Est entre le bassin versant de l'Assif Al Mal et celui d'IminTannout.

Tableau 3 : Caractéristique des réseaux hydrographique de la province de Chichaoua "SOURCE : [1]"

Nom de l'oued	Superficie du BV en Km ²	Q moy annuel estimé m3/s	Période de mesure des débits
Ameznas	573	.	.
Imin-Tannout	157	.	.
Seksaoua	565	1.031	1975-2001
Assif AL Mal	517	1.229	1984-2001

Vers l'Est de la zone, l'oued Assif Al Mal coule du sud vers le nord (affluent rive gauche de l'oued Tensift) et draine un bassin versant de 517 Km² de superficie et présente un débit moyen annuel de 1.229 m3/s. Vers le sud, les précipitations sont relativement abondantes, tombant sous forme de pluies ou de neiges selon un régime semi-aride de montagne. Ces

précipitations sont à l'origine de plusieurs affluents à écoulement temporaire limité aux périodes pluvieuses. Ces affluents alimentent les principaux oueds de la province, notamment les oueds Seksaoua et Assif Al Mal qui coulent du Sud vers le Nord de la province. Dominé par les crues, le régime des débits est très irrégulier entre les périodes hivernale (janvier, février) et période estivale (août).

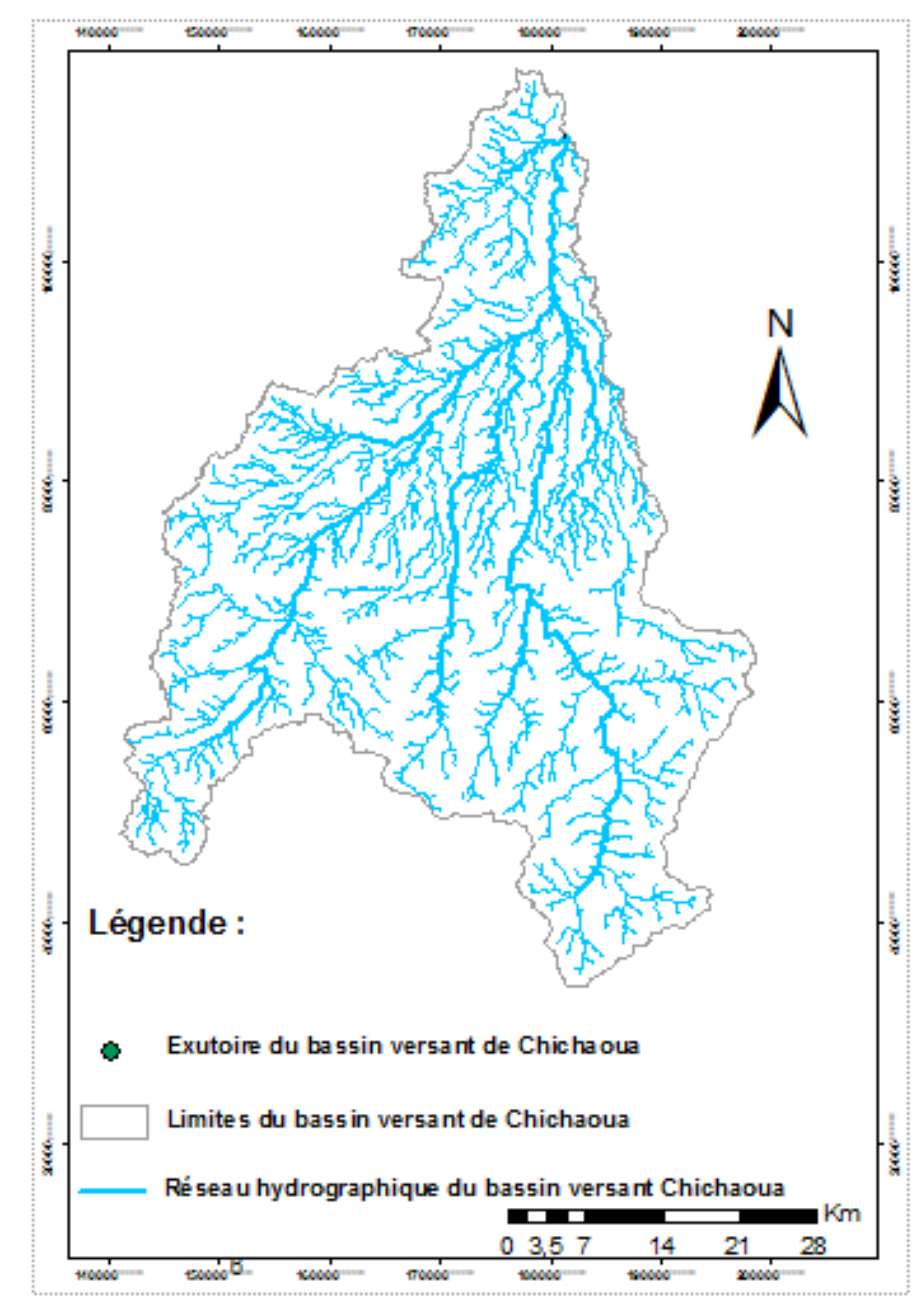


Figure 3 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant Chichaoua

➤ *Hydrologie des sources :*

Les eaux d'alimentation (pluies ou neiges) des alluvions plio-quaternaires ou des formations calcaires sont restituées par de nombreuses sources généralement de type karstique. Par ailleurs, sur une longueur de 37Km et une largeur de 700 à 800m, s'étire la vallée de l'oued Chichaoua, d'où sourdent des sources pérennes et importantes rendant la vallée comme étant la zone la plus riche à l'échelle régionale. En effet, les sources cénomanoturonniennes totalisent un débit moyen de l'ordre de 1020 l/s et celles du jurassique un débit moyen de l'ordre de 30 l/s.

Par ailleurs, les sous écoulement de l'oued Chichaoua assurent un débit de l'ordre de 500 l/s, ramenant le débit total au niveau de la vallée à 1550 l/s. Le tableau qui suit présente les caractéristiques des principales sources :

Tableau 4 : Caractéristiques des principales sources "SOURCE : [2]"

Sources	Origine	IRE	Coordonnées			Débit en (l/s)	Observation
			X	Y	Z		
Ain Abaino	Calcaire dolomitique du Cénomano-Turonien	116/52	178.2	93.85	500	534	Source pérenne, bétonnée, Irrigation
R'Mech	Calcaire marneux gypsifère du Cénomaniens et alluvions récentes	113/52	182.3	111.5	320	70	Source bétonnée, Irrigation
Ras Al Ain	Calcaire dolomitique du Cénomano-Turonien	577/52	177.5	93.5	505	47	Source bétonnée, Irrigation
Imintala	-	2250/53	226.3	63.2	1400	250	Source pérenne bétonnée, Irrigation

La source d'Ain Abainou est considérée comme étant le principal point d'émergence de la vallée dégorgeant un débit moyen de 534 l/s. La source de Ras Al Ain est considérée comme le trop plein de celle d'Abainou sourdant à la côte 500m avec un débit moyen de 47 l/s.

Différencient par les débits, l'origine et la qualité. L'abondance de ces sources dans la zone trouve son explication dans la structure géologique profonde de la vallée qui constitue un piège idéal où les eaux superficielles et souterraines s'infiltrent, s'accumulent puis sourdent à la faveur d'un ensemble de points et d'obstacles structuraux et/ou stratigraphiques.

I- 7/Contexte géologique :

Concernant les caractéristiques géologiques on distingue quatre unités individualisées sont à distinguer :

- La plaine de Mejjate
- Les plateaux des M'tougas
- La plaine de Oulad Bou Sbaa
- Le haut Atlas

La plaine de Mejjate est une vaste étendue à relief pratiquement plat et où l'altitude est de l'ordre de 600m. Cette plaine s'insère grossièrement dans le quadrilatère Guemassa, M'zoudia, Chichaoua et Imin Tanout. Au niveau de la province cette plaine occupe une superficie de 3072 Km², soit 45% de la superficie totale.

Les plateaux des M'tougas constituent la terminaison occidentale de la plaine du Mejjate, le relief y est relativement accentué et l'altitude moyenne est de l'ordre de 1000m. La superficie totale occupée par ces plateaux au sein de la province est de 1380 Km², soit 20% de la superficie totale

La plaine d'Oulad Bou Sbaa s'étend sur 420 Km² environ au Sud du Centre Sidi El Mokhtar et représente environ 6% d la superficie totale de la province. L'altitude moyenne est de l'ordre de 390m.

Le haut Atlas Occidental a une superficie totale de l'ordre de 5000 Km². Au sein de la province de Chichaoua la superficie occupée est de 2000 Km², soit 29% de surface totale. Cette chaîne montagneuse a une forme sensiblement carrée et se présente sous forme de plateaux étagés s'abaissant progressivement vers l'Ouest et vers le Nord. Le point culminant atteint 1800m.

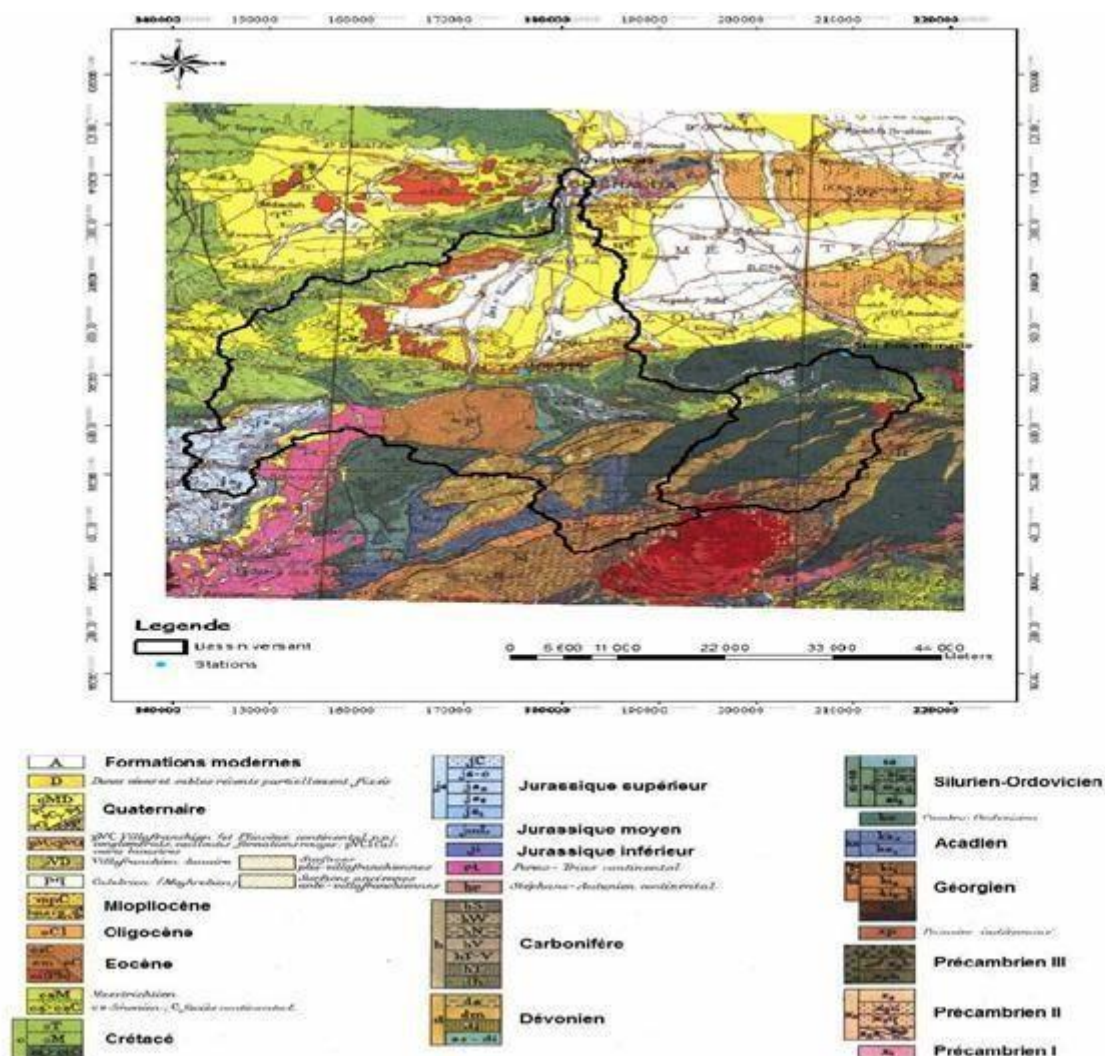
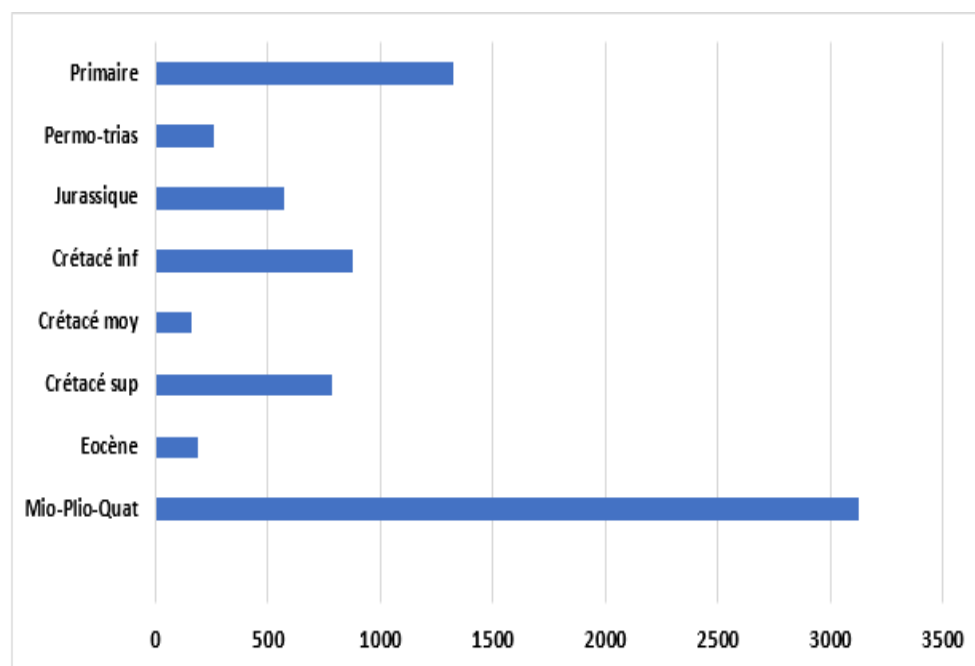


Figure 4 : Carte géologique de Chichaoua



Ere	Mio-Plio-Qu	Eocène	Crétacé sup	Crétacé moy	Crétacé inf	Jurassique	Permo-trias	Primaire
Superficie en km²	3127	187	782	159	876	571	262	1323

Figure 5. Superficies d'affleurement des principales formations géologiques "SOURCE : [1]"

I- 8/ Contexte hydrogéologique :

Les secteurs géo structuraux désignent une subdivision sommaire faite dans une perspective hydrogéologique, où les unités sont agrégées sur la base de la répartition spatiale des grandes unités aquifères telles que connues et exploitées actuellement et sur la base de la configuration géologique et structurale des formations.

On peut ainsi distinguer cinq secteurs plus ou moins individualisés :

- -La plaine de Mejjate
- -La plaine des Ouled Bou-Sbaâ
- -L'anticlinal de Marmouta qui sépare ces deux plaines
- -Le Haut Atlas
- -Et la rive gauche du Tensift.

Secteur de la plaine de Mejjate

C'est la continuité occidentale du Haouz elle correspond à toute la plaine comprise entre le haut Atlas au Sud et les affleurements jurassiques et permo-triasiques de la rive gauche du Tensift au Nord et allant de l'oued N'fis jusqu'à la structure anticlinale crétacée de Marmouta à l'ouest.

La plaine renferme le plus important complexe aquifère de la province.

Au niveau de la plaine de Mejjate et sa bordure occidentale deux nappes d'eau souterraines sont à signaler : La nappe phréatique des alluvions du Haouz et la nappe semi-profonde des

calcaire séocrétacés. Ces deux nappes se superposent par endroits.

La nappe phréatique :

Cette nappe circule dans les alluvions plioquaternaires de la plaine du Haouz. Son étendue au niveau de la province de Chichaoua se matérialise grossièrement par le quadrilatère : Chichaoua, M'zoudia, Guemassa et Sebt M'zouda.

L'écoulement de la nappe est fait grossièrement du Sud vers le Nord. Les niveaux d'eau sont relativement profonds et varient généralement entre 40m et 100m.

Les débits unitaires exploitables varient entre 1 et 30 l/s, la qualité chimique est généralement bonne avec des résidus secs souvent inférieurs à 1.5 g/l. L'eau est utilisée pour l'alimentation en eau potable des agglomérations rurales ainsi que pour l'irrigation de périmètres agricoles dont la taille est souvent inférieure à 20 ha.

Secteur de la plaine des Ouled Bousbaa

Il correspond à la cuvette de Sidi El Mokhtar et s'étend au Nord jusqu'aux affleurements jurassiques et permotriassiques de la rive gauche de l'oued Tensift et à l'ouest jusqu'aux crêtes de zemzem alors que la structure anticlinale crétacée de Marmouta le sépare de la plaine de Mejjate à l'Est.

C'est la seconde entité hydrogéologique continue de la province où l'on capte essentiellement les niveaux aquifères du crétacé et de l'Eo-pliocène elle abrite 32% des points d'eau de la province.

Secteur de l'anticlinal de Marmouta

C'est une zone de transition entre les deux premiers grands secteurs et qui se caractérise par la rareté des ressources captées par rapport au restant de la plaine.

C'est aussi une zone anticlinale SW-NE séparant les secteurs de Mejjate et des ouled BouSbaa où affleurent les terrains crétacés et éocènes au sud et jurassiques et primaires à la terminaison nord elle n'abrite que 2% des points d'eau de la province.

Secteur du Haut Atlas

Ce troisième secteur occupe la moitié méridionale de la province et se caractérise :

- Sur le plan géomorphologique par les reliefs du Haut Atlas.
- Sur le plan hydrogéologique par l'inexistence de nappes généralisées en faveur de circulations d'eau en discontinu et par la résurgence d'une série de sources le long du piémont. Ce secteur ne renferme que 12% des points d'eau.

Secteur de la rive gauche du Tensift

Il constitue la continuité morphologique de la plaine car :

- Géologiquement, il est le siège d'affleurements jurassiques et primaires
- Hydrogéologiquement, il constitue l'aval hydraulique des principaux aquifères de la Région.

- Sur le plan qualité des eaux, les circulations qu'il renferme se caractérisent par l'excessive minéralisation des eaux due au temps de séjour et de circulation des eaux doublé des apports salins intrinsèques des roches encaissantes et des effets de la relative proximité du plan d'eau. Ce secteur constitue une bande étroite de 250Km² qui ne renferme que 2% des points d'eau de la zone

CHAPITRE II : HYDROPLUVIOMETRIQUE.

Ce chapitre a pour objet l'étude hydro pluviométrique du bassin versant de l'oued Chichaoua sur la base des données pluviométriques et hydrométriques enregistrées au niveau de la station de Chichaoua.

Les données pluviométriques (mensuelles et annuelles) couvrent une période de 47ans entre 1973 et 2020.

Les données hydrométriques (mensuelles et annuelles) couvrent une période de 34 ans entre 1970 et 2004.

I/Régime pluviométrique de la station de Chichaoua:

I- 1 / Variabilité annuelle :

Au cours de la période 1973-2020, la pluviométrie a connu une forte irrégularité interannuelle, traduite par le climat aride à semi-aride de la zone d'étude.

La figure ci-dessous montre le contraste pluviométrique entre les différentes années de cette période. La valeur maximale des précipitations a été enregistrée en 1981 avec 298,7mm. A l'opposé, la plus faible valeur de la série concerne l'année 1992 avec 56,8. Par ailleurs, la moyenne générale des précipitations tout au long de la série pluviométrique est égale à 177,89 mm.

Après l'analyse de ces données, on remarque clairement que la zone de Chichaoua souffre d'un stress hydrique lié à la succession d'années de sécheresse. Les faibles précipitations conjuguées aux fortes évaporations auront certainement un impact sur la recharge des nappes de la zone d'étude.

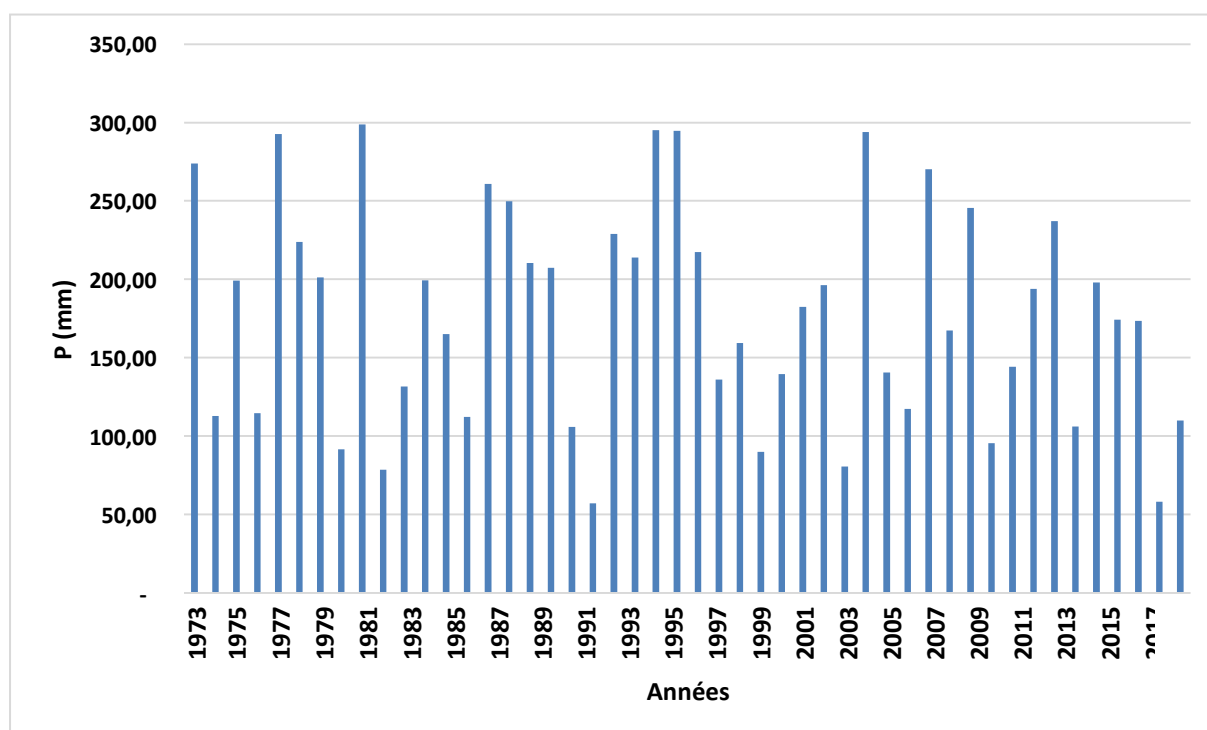


Figure 6. La courbe des pluies annuelles de la station de Chichaoua 1973-2020 .

I-2/ Variabilité saisonnière :

La figure ci-dessous, représente les précipitations saisonnières moyennes à Chichaoua, sur la même période. L'analyse de la figure montre que la saison pluvieuse commence à partir de l'automne. La quantité des pluies augmente en hiver pour atteindre un maximum puis commence à décliner à partir du printemps et arrive à sa valeur la plus faible en été.

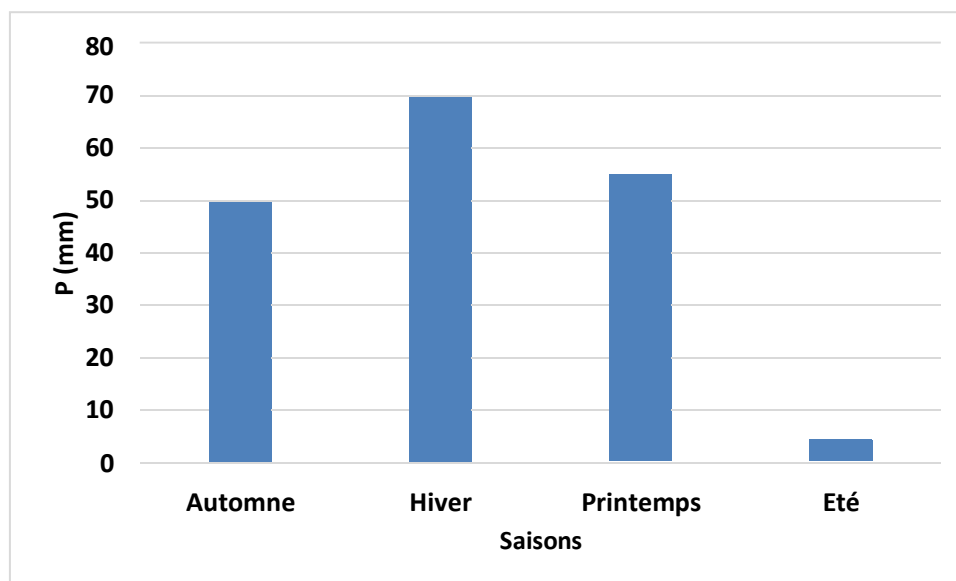


Figure 7. Courbe des précipitations saisonnières de la station Chichaoua 1973-2020

Le tableau suivant résume la collecte des données des précipitations saisonnières moyenne sur la période indiquée (1973-2020) dans la zone de Chichaoua :

Tableau 5. Précipitations saisonnières moyennes entre 1973 et 2020 à Chichaoua

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté
P moyenne en mm	49,35	69,61	54,81	4,11

I- 3/ Variabilité mensuelle :

D'après la courbe ci-dessous, on remarque que le déclenchement des précipitations commence à partir du mois de septembre. D'ailleurs le pique de cette série apparaît au mois de novembre avec une moyenne de 28,15 mm, cela est dû au climat qui connaît un abaissement de températures, une faible évaporation ainsi qu'une ascension d'indice d'humidité.

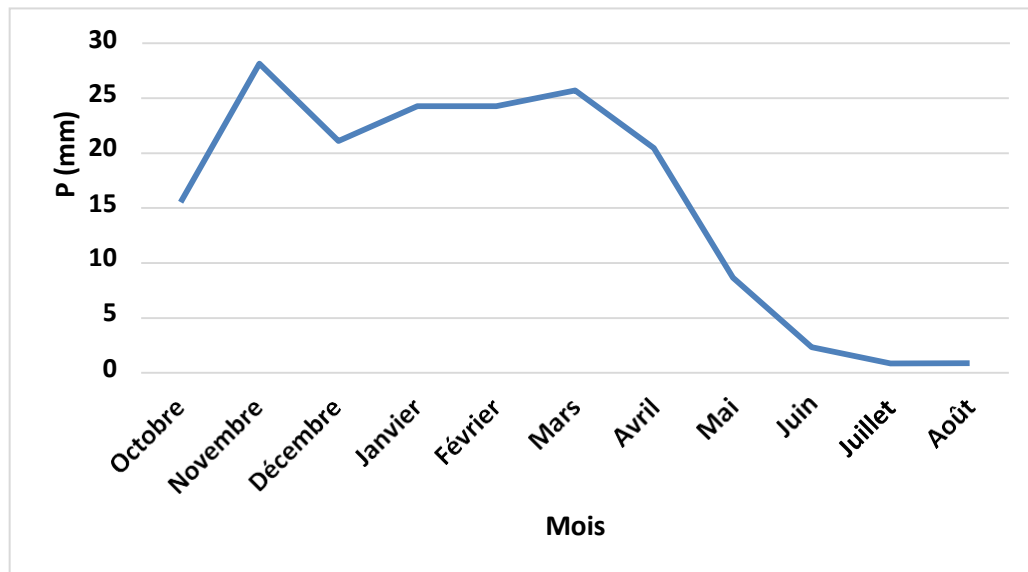


Figure 8. La courbe des précipitations mensuelles moyennes de la station Chichaoua 1973-2020

Généralement, la valeur moyenne des précipitations ne varie pas trop entre décembre et mars par rapport au mois de novembre, or qu'elle commence à chuter à partir d'avril, jusqu'à ce qu'elle arrive à sa valeur minimale au mois de juillet-août. Cette fois ci, le climat devient sec avec un taux d'évaporation très élevé, une humidité faible et des températures importantes.

II / Régime hydrologique de la station de chichaoua

II- 1 / Variabilité annuelle :

La figure suivante montre une irrégularité des débits de pointes au cours de ces 34ans. Le pique de cette série est égale à 1000 m³/s a été enregistré en 1987. La crue s'est amorcée le 28 septembre 1987 à 16h, jusqu'au 29 septembre 1987 à midi pour une durée de 20h.

La crue de 1988 a été aussi très importante, le débit est arrivé à 853 m³/s et puis la crue de 1999 avec un débit de 807 m³/s.

Ce sont des débits exceptionnels qui ont conduit à des catastrophes matérielles et humaines tragiques.

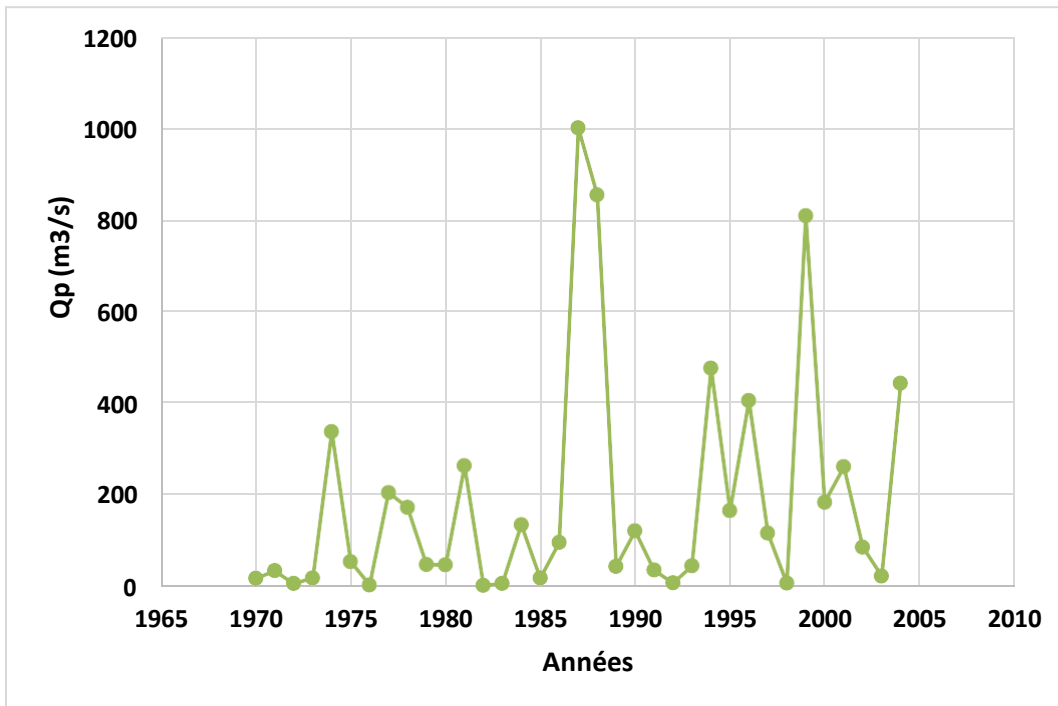


Figure 9. La courbe des débits de pointes annuels durant une période de 34ans (1970-2004)

II- 2/ Variabilité saisonnière :

D'après la figure ci-dessous on remarque que l'automne se distingue par un débit moyen le plus élevé durant la période d'étude. Enregistrant un débit moyen de 0,9 m³/s, cela explique que la majorité des crues qu'a connu la zone ont été amorcées pendant les mois de septembre, octobre et novembre. Ceci, confirme les résultats du paragraphe II-1 : crue de 1987 à septembre, crue de 1988 à novembre et crue de 1999 à octobre. Cette valeur de débit moyen saisonnier diminue progressivement, jusqu'à de qu'elle arrive à son minimum en saison d'été.

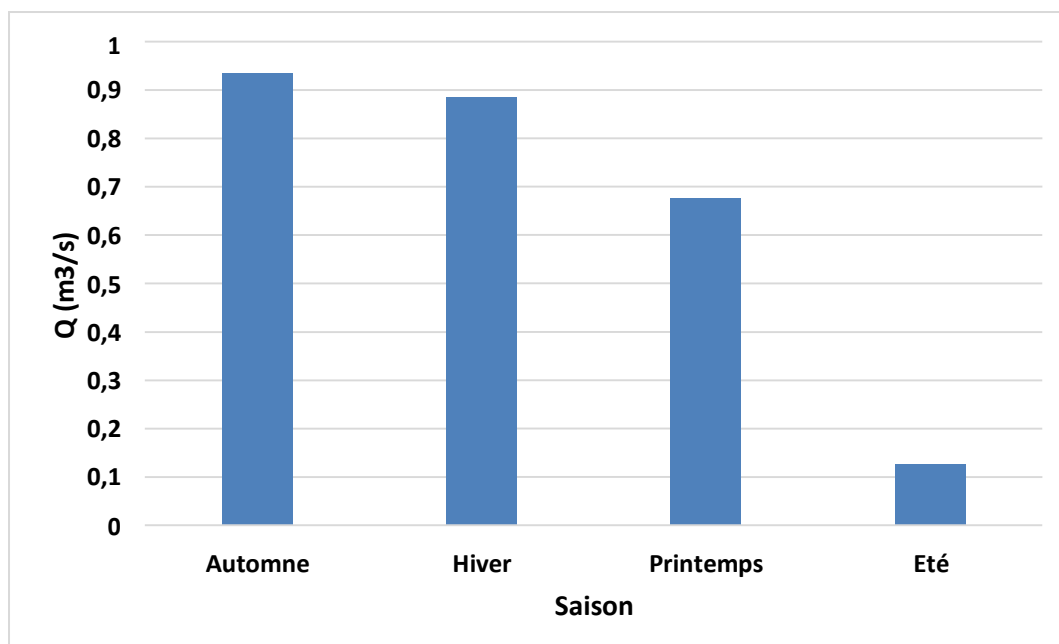


Figure 10. illustrant les débits moyens saisonniers durant une période de 44ans (1970-2014)

II- 3/ Variabilité mensuelle :

Semblablement à la courbe des précipitations, la courbe des débits moyens croit rapidement à partir du mois de septembre jusqu'à ce qu'elle atteigne son maximum au mois de novembre, elle décline pour atteindre son minimum au mois juillet-août à partir duquel elle reprend la remontée.

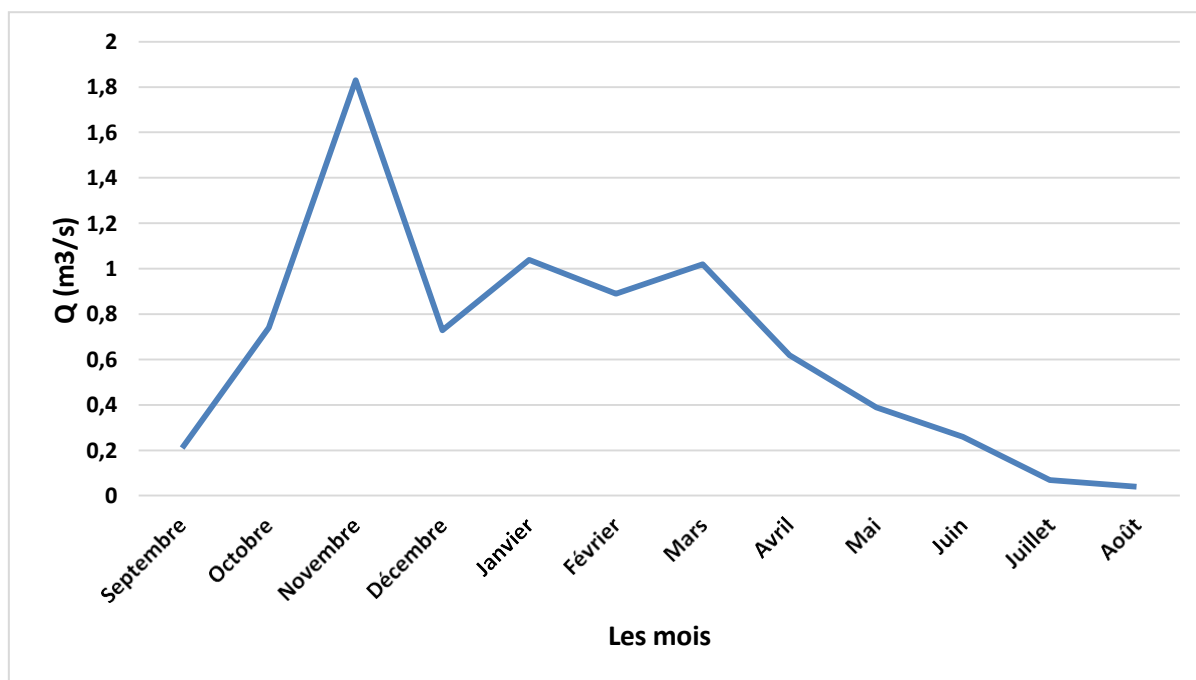


Figure 11. Courbe illustrant la variation des débits moyens mensuels durant une période de 43ans (1971-2014)

Conclusion :

Afin de connaître le régime hydrologique de l'oued Chichoua objet de cette étude, les données pluviométriques et hydrométriques de la station de chichaoua ont été analysées. Ces données couvrent une période de 44 ans pour les précipitations et 34 ans pour les débits.

L'analyse hydropluvimétrique a montré que les précipitations ont une grande variabilité.

A l'échelle temporelle, les précipitations et les débits varient de manière considérable d'une année à l'autre. Ils varient également à l'échelle saisonnière et mensuelle.

Cette variabilité spatiotemporelle est un caractère habituel au milieu semi-aride où les paramètres climatiques sont irréguliers et aléatoires, d'où l'importance d'une gestion rationnelle des ressources en eau dans ce milieu.

CHAPITRE III :
Déscription du bassin
versant de Chichaoua

1 GENERALITES SUR LES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUE ET MORPHOLOGIQUE DES BASSINS VERSANTS

Ces caractéristiques permettent de déterminer la configuration géométrique et la forme du bassin. Cette configuration, appariée aux données du relief ou de pente, conditionne justement le ruissellement de surface qui influence à son tour les débits de crues véhiculés par les oueds.

A- Forme du bassin versant

Elle est caractérisée par l'indice de compacité de Gravelius donné par la formule suivante :

$$K_G = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi} \cdot A} \approx 0.28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

KG : indice de compacité de Gravelius

A : surface du bassin versant (km²)

P : périmètre du bassin versant (km)

Cet indice renseigne principalement sur la forme du bassin. Le coefficient est proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur à 1 lorsque le bassin est de forme allongée.

Chaque bassin versant peut-être assimiler à une surface rectangulaire, de même superficie, caractérisé par ses dimensions équivalentes (longueur Leq et largeur leq). Ces dernières sont déterminées à l'aide des formules suivantes :

$$L_{eq} = \frac{K_G \cdot \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{(1.12)^2}{K_G}} \right]$$

$$l_{eq} = \frac{K_G \cdot \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(1.12)^2}{K_G}} \right]$$

Avec :

KG : indice de compacité de Gravelius

A : surface du bassin versant (km²)

P : périmètre du bassin versant (km)

“SOURCE : [6], [8]”

B- Relief du bassin versant

Pour caractériser le relief du bassin, l'IC a procédé l'étude, par planimétrie, de répartition des altitudes. Les résultats sous forme de courbes hypsométriques permettent d'obtenir les caractéristiques suivantes :

L'altitude maximale et minimale du bassin ;

L'altitude médiane qui représente la courbe d'altitude litant 50% du bassin versant ;

L'altitude moyenne, elle est calculée par la formule suivante :

$$H_{moy} = \frac{\sum A_i \cdot h_i}{A}$$

Avec : A_i : aire comprise entre deux courbes de niveau (km²)

h_i : altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m)

A : superficie totale du bassin versant (km²)

C- La pente moyenne du bassin

Elle est déterminée par la Méthode de Carlier et Leclerc :

$$i_m = \frac{D \cdot L}{A}$$

Où : i_m : pente moyenne [m/km],

L : longueur totale de courbes de niveau [km],

D : équidistance entre deux courbes de niveau [m],

A : surface du bassin versant [km²].

“SOURCE :[8]”

2 DELIMITATION DU BASSIN VERSANT DE CHICHAOUA

Deux sources de l'information topographique sont disponibles : les cartes topographiques au 1/50 000 et un modèle numérique de terrain (MNT) obtenu via des images stéréographiques faites à partir de la navette spatiale

« Endeavour ». Le modèle numérique de terrain ASTER a une résolution de 30 m au sol. Les données de ces deux sources ont été combinées sur un Système d'Information Géographique (SIG) pour le calcul des caractéristiques géomorphologiques. Le logiciel ARCGIS 10.8.2 a été utilisé pour le traitement des données spatiales.

En utilisant les outils d'analyses hydrologiques, le logiciel Arc GIS permet une automatisation des processus suivants :

- ✓ Le traçage du réseau hydrographique.
- ✓ La mesure des caractères morphologiques du bassin (superficie, périmètre...)
- ✓ Le calcul de pente du bassin ainsi que des cours d'eaux.
- ✓ La classification des altitudes sous forme des tranches.
- ✓ La figure suivante illustre le bassin versant de Chichaoua.

“SOURCE :[7]”

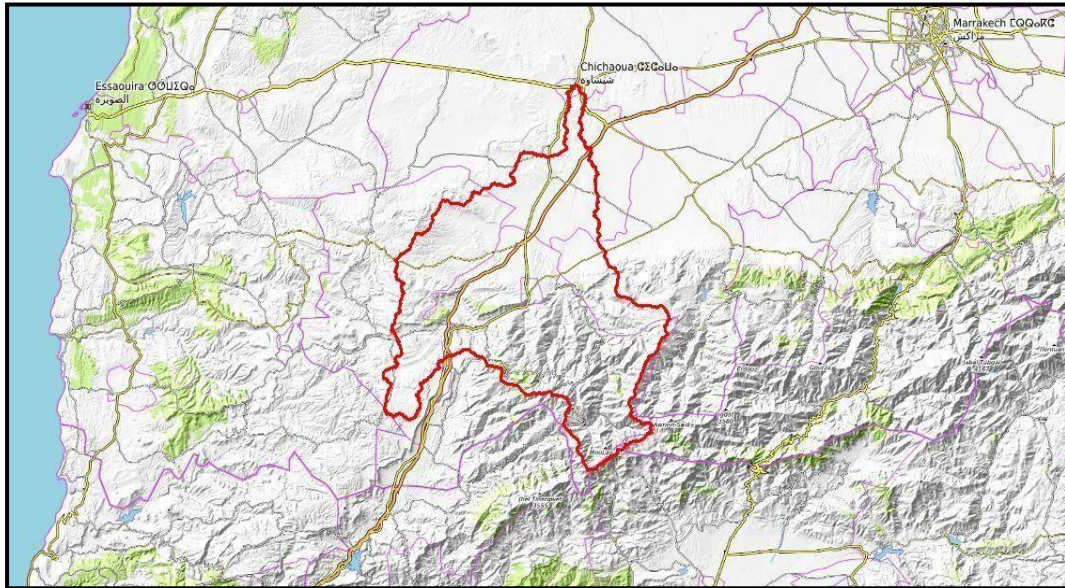


Figure 12. Carte de la limite du bassin versant de Chichaoua dans son fond topographique

3 GEOMETRIE ET CARACTERISTIQUES DES RELIEFS DES BASSINS VERSANTS

L'oued Chichaoua est un affluent rive gauche de l'oued de Tensift. L'oued Chichaoua est un affluent rive gauche du Tensift, il est considéré comme le principal cours d'eau drainant la plaine de Mejatte. C'est le collecteur des oueds Ameznes, Imintanout et Seksaoua qui prennent naissance dans le Haut Atlas et dont le point de confluence est à environ 15 Km au Sud de Chichaoua. Il draine un bassin versant d'une superficie de 2050 Km² et un périmètre de 304 km.

Concernant l'indice de Gravelius qui est égale à 1.88, le bassin à une forme allongé qui aura un impact sur les écoulements observés à l'exutoire. Le cours d'eau principale à une longueur de 96 km et le réseau hydrographique est bien ramifié.

Tableau 6. Caractéristiques géométriques du bassin Versant de l'oued Chichaoua

Surface totale (km²)	2050
Périmètre (km)	304
Longueur cours d'eau principale (km)	96
K_G (indice de Gravelius)	1.88
L_{eq} (km)	137
l_{eq} (km)	15

Les figures qui suivent illustrent, respectivement, la carte hypsométrique et les caractéristiques du relief pour le bassin versant de l'oued Tensift.

A- L'HYPSONOMETRIE :

La répartition du bassin versant par tranches d'altitude désigne une importance fondamentale pour les études hydrologiques, du fait que la plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques sont contrôlés dans une large partie par l'altitude.

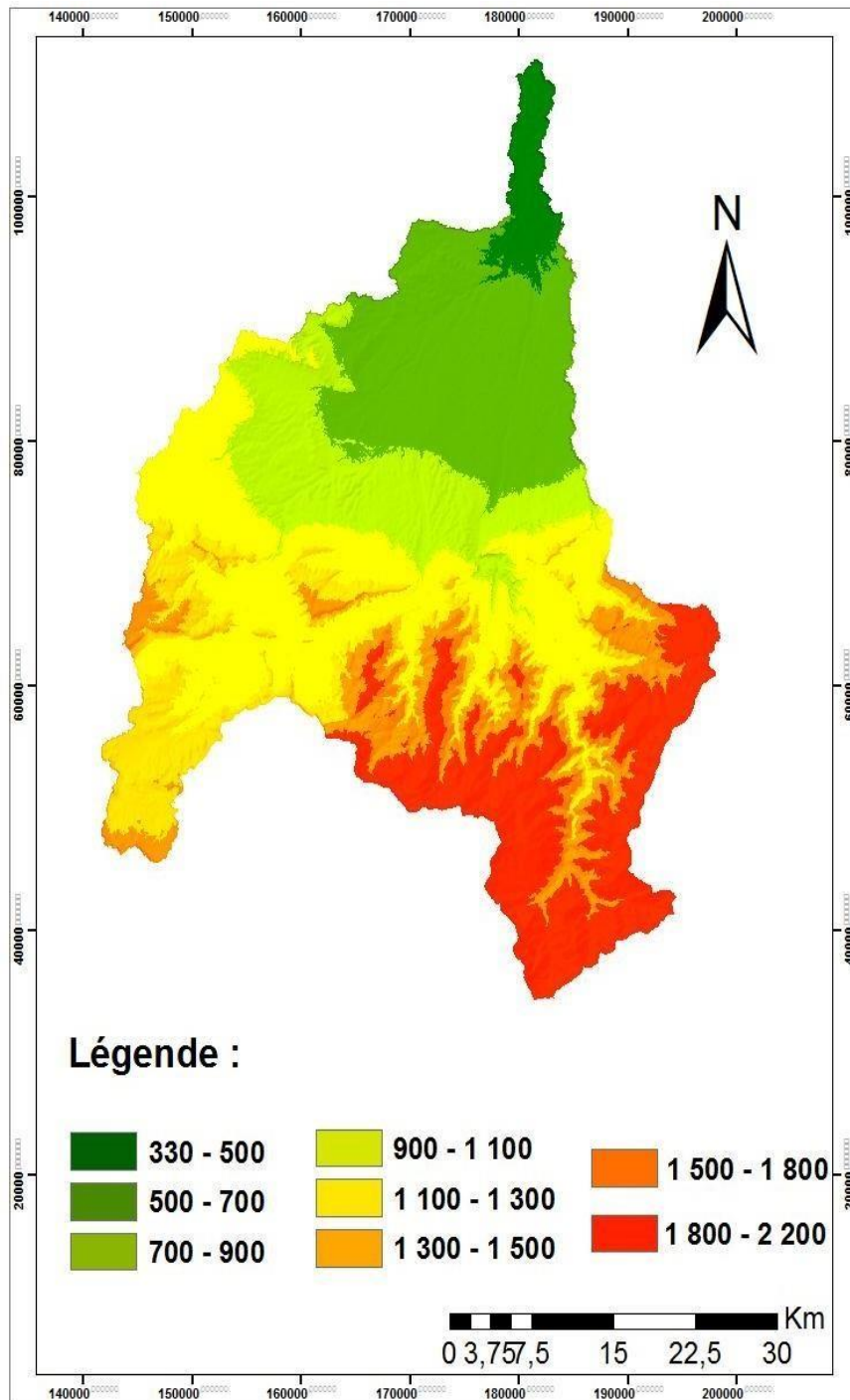


Figure 13. Carte hypsométrique du bassin versant de Chichaoua

La courbe hypsométrique est obtenue à l'aide des surfaces comprises entre les courbes de niveaux mesurés avec le logiciel ArcGIS et en leur procurant des pourcentages de la surface

totale du bassin. On trace un diagramme avec les tranches d'altitudes en ordonnées et les superficies cumulées en abscisses

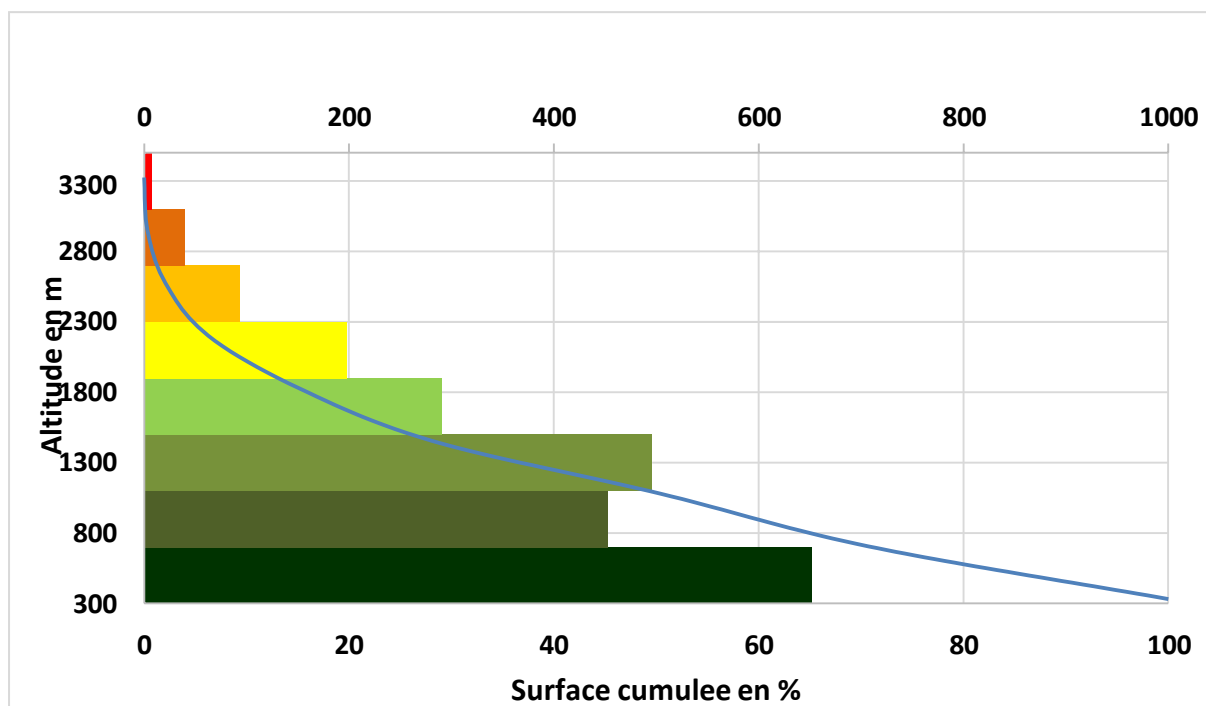


Figure 14. Courbe hypsométrique du bassin versant de Chichaoua

B- Carte des pentes :

La pente est un aspect essentiel qui renseigne sur la topographie du bassin, la vitesse des ruissellements et les temps de concentration. La pente influence directement le débit de pointe lors d'une averse.

- Les caractéristiques de relief et de pente sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7. Caractéristiques de relief et de pente du BV de l'oued Chichaoua

Altitude maximale (m)	3310
Altitude moyenne (m)	1235
Altitude minimale (m)	332
Dénivelée ($H_{\max} - H_{\min}$)	2978
Pente moyenne du bassin versant en %	2,15

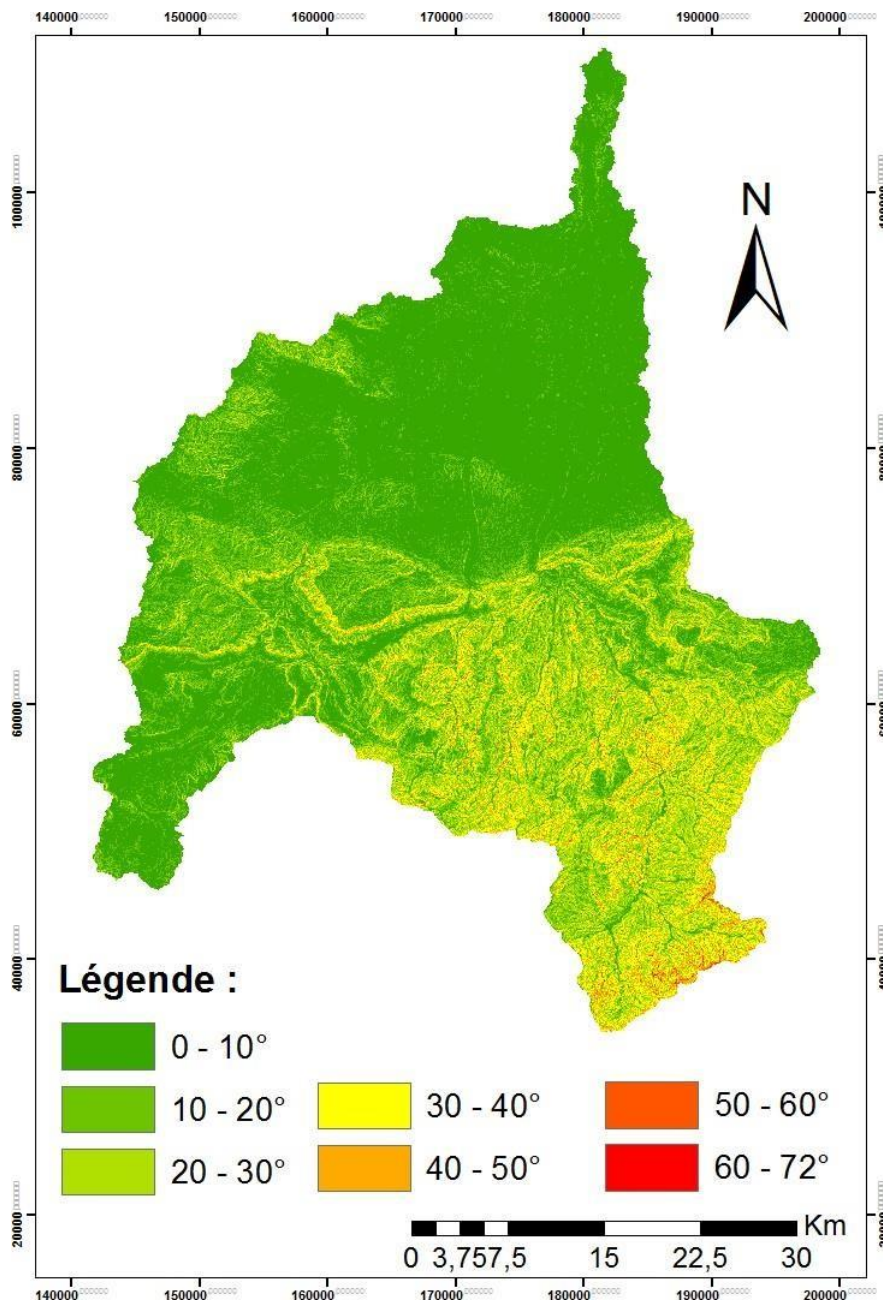


Figure 15. Carte des pentes en degré du bassin versant de Chichaoua

La pente moyenne :

La pente moyenne du bassin versant de Chichaoua a été calculée à l'aide d'ArcGIS,

Elle est de l'ordre : **2,15 %**

Cette valeur est généralement faible ce qui signifie une durée de concentration moyenne et une vitesse d'écoulement moyenne aussi.

C- Le réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est l'ensemble des cours d'eau qui recueillent les eaux des sources et de ruissellement des versants. Il est composé du cours principal et des affluents appelés aussi tributaires. La configuration en plan du réseau est très variée d'un bassin à l'autre, elle dépend de la combinaison de nombreux facteurs tels que le climat, la géologie, la topographie et l'érosion et résulte d'une longue évolution.

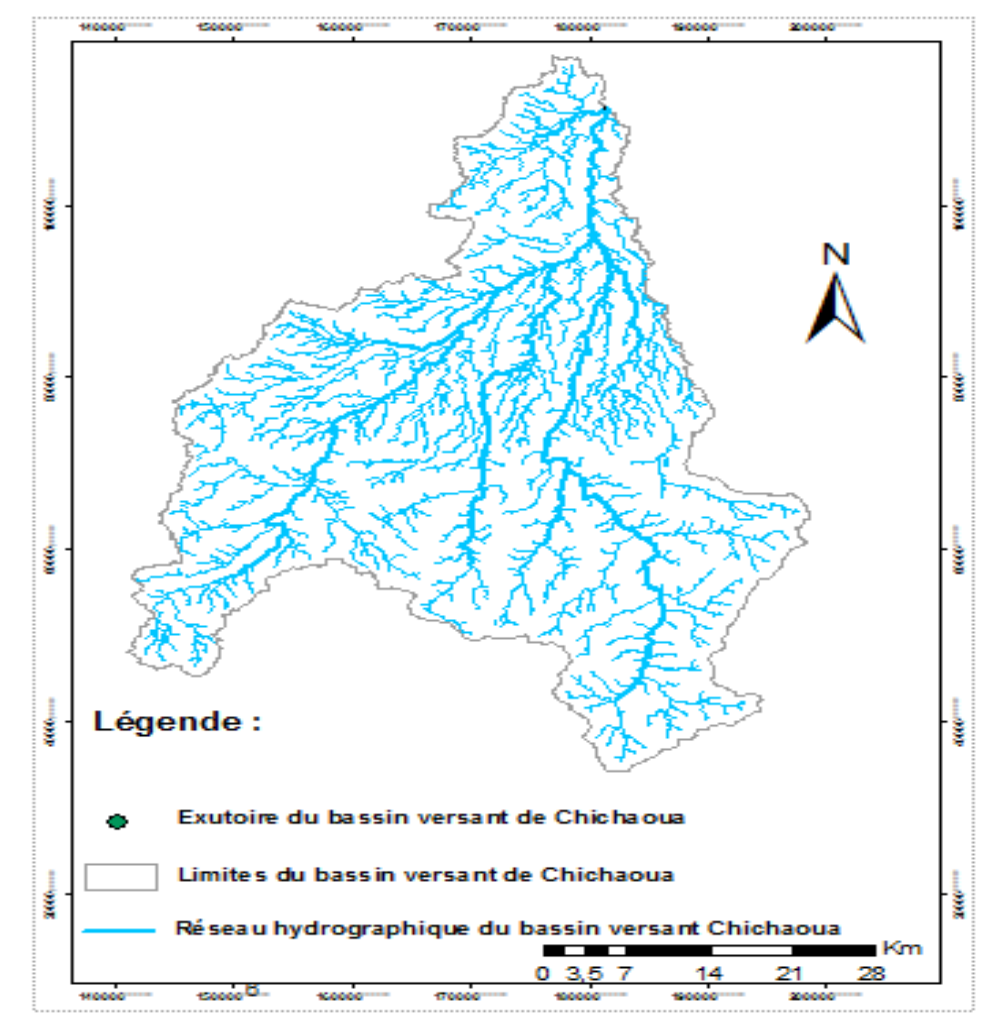


Figure 16. Carte du réseau hydrographique du bassin versant de Chichaoua

CHAPITRE IV :

ETUDE HYDROLOGIQUE

Le présent chapitre traite de l'étude hydrologique du bassin versant objet de l'étude. L'objectif étant d'aboutir à une estimation du débit de pointe pour différentes périodes de retour.

1- DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Afin de calculer les débits de pointes pour différentes périodes de retour, nous avons utilisé deux méthodes :

La méthode de l'ajustement statistique

La méthode du Gradex.

Ces deux méthodes sont couramment utilisées pour les bassins jaugés. **“SOURCE :[8]”**

a- Méthode probabiliste : Ajustement statistique

Cette approche consiste à ajuster les débits maximums instantanés enregistrés au niveau des stations à des lois statistiques adaptées aux événements extrêmes, afin d'estimer les débits de pointe des bassins jaugés. L'analyse fréquentielle de débits maximums instantanés aux différentes lois est faite sur la base de données des stations concernées.

Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé les données de la station hydrologique de Chichaoua.

Les caractéristiques de ces stations hydrologiques figurent dans le tableau suivant. **“SOURCE :[8]”**

Tableau 8. Caractéristiques des stations hydrologiques de la zone d'étude

Station	IRE	Oued	X [m]	Y [m]	Z [m]	Superficie [km ²]
Chichaoua	451/52	Chichaoua	181501	111206	337	2050

Le logiciel Hyfran plus a été utilisé pour l'ajustement des distributions statistiques des séries de données.

b- Méthode de Gradex

b-1- Rappel du principe de la méthode de Gradex

La méthode du Gradex a été conçue, mise au point, testée, et validée par le groupe de recherche d'EDF (Guillot & Duband, 1967), c'est une approche hydro-pluviométrique simplifiée qui permet d'estimer les débits de crues extrêmes pour des fréquences d'apparition rares à très rares (temps de retour au-delà de 100 ans). Elle s'applique à des bassins versants de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés recevant des pluies uniformes au niveau spatial.

Cette méthode est basée sur une idée principale, selon laquelle l'extrapolation des valeurs de débits ne peut se faire raisonnablement que de façon parallèle à la courbe des précipitations, puisque nous ne pouvons pas avoir une quantité d'eau ruisselée supérieure à celle tombée.

Cette méthode s'appuie sur différentes hypothèses :

Les débits maximums recherchés sont provoqués uniquement par des pluies maximales, uniformément réparties sur le bassin.

Les pluies maximales et les débits correspondants (débits maximaux) suivent une même loi de distribution statistique, dite des "extrêmes" en raison de la nature du phénomène recherché.

Ceci exprime surtout le fait qu'à partir d'une certaine valeur de pluie, le comportement asymptotique du débit sera identique à celui des pluies. Selon les auteurs de cette méthode, ce seuil représente le taux de saturation du bassin qui est atteint après un événement pluviométrique qui provoque un débit décennal (T=10 ans).

La méthode Gradex se base sur une procédure de calcul qui suit l'approche suivante :

Etudier la variable aléatoire "pluie" reçue par le bassin versant en 24 heures ; l'ajuster selon la loi de Gumbel et calculer son Gradex moyen ;

Considérer le débit charnière pour le bassin ;

Extrapoler la fonction de répartition des débits au-delà du débit charnière de 10 ans par une droite de pente égale au Gradex de pluie convertie en valeur de débit en utilisant la surface des bassins versants ;

Considérer un coefficient de pointe pour transformer les débits moyens extrapolés en débits de pointe.

b-2- Conduite de la méthode

Le Gradex appliqué au bassin versant de l'oued Chichaoua a été déduit à partir du poste hydrologique de Chichaoua et pluviométrique de la station Iloudjane.

Les pluies maximales journalières ont été ajustées selon la loi de Weibull. Le passage du débit journalier se fait via un coefficient de pointe. Le choix de ce coefficient dépend de l'analyse des débits maximums instantanés et des débits journaliers maximums.

Le Gradex des débits instantanés est déduit par l'application d'un coefficient de pointe. Ce coefficient est défini comme étant le rapport du débit de pointe (Qp) au débit maximum journalier (Q.jmax).

Le coefficient de pointe permet le passage du débit moyen journalier maximum Q₂₄ au débit de pointe Q_p. Il est donné par le rapport suivant :

$$C_p = Q_p / Q_{24}$$

L'application de la méthode du GRADEX implique plusieurs contraintes :

1. La durée des pluies considérées doit strictement correspondre à celle des débits (même Δt et en général 24 h). Elle est conditionnée par le temps de concentration des eaux du

bassin au point d'intérêt.

2. Les unités des pluies et des débits doivent être identiques si l'on procède à l'application de cette méthode en utilisant la loi de Gumbel (en mm/24h).
3. Les limites d'application de cette méthode sont conditionnées par des temps de concentration t_c , variant de 1 heure à 4 jours. La méthode ne peut donc s'appliquer qu'à des bassins versants de 5 000 km² au maximum.

Les résultats obtenus par extrapolation sont des débits maximaux moyens qui résultent des pluies maximales moyennes. Il s'agit donc de multiplier ces valeurs de débits par le coefficient de pointe moyen.

“SOURCE : [6]”

c- Estimation du coefficient de pointe C_p

Le coefficient de pointe C_p est défini comme étant le rapport du débit instantané maximum annuel Q_p et du débit journalier maximum annuel Q_{jmax} . Il traduit une relation Q_p - Q_{jmax} qui permet le calcul des $Q_p(T)$ à partir des $Q_{jmax}(T)$. Ce coefficient est égal à 4 pour la station de Chichaoua.

2- LES RESULTATS

a. Ajustement statistique au droit de la station de Chichaoua

L'estimation des débits de pointe par la méthode de l'ajustement statistique s'est basée sur les données de débits maximums instantanés enregistrés au niveau de la station de Chichaoua sur une période de 41 ans entre 1973 et 2014.

Les séries des débits enregistrés ont été ajustées avec les lois suivantes : Log normal, Normale, Gumbel, Exponentiel et Weibull.

Le choix de la loi qui s'ajuste le mieux à la série de données se base sur des tests d'adéquations qui jugent la validité de la loi. Ces critères de choix se présentent comme suit :

- Critère d'information Bayésien (BIC);
- Critère d'information d'Akaike (AIC).

Ces deux critères (BIC et AIC) permettent de construire un classement de modèles statistiques tenant compte du principe de parcimonie. Les meilleurs ajustements correspondent aux plus faibles valeurs.

Model	Nb param.	XT	P(Mi)	P(Mi x)	BIC	AIC
Weibull (Method of moments)	2	956.500	20.00	93.96	446.699	443.477
Lognormal (Maximum Likelihood)	2	3568.380	20.00	4.83	452.636	449.414
Exponential (Maximum Likelihood)	2	719.260	20.00	1.21	455.408	452.186
Gumbel (Method of moments)	2	785.413	20.00	0.00	486.246	483.025
Normal (Maximum Likelihood)	2	622.142	20.00	0.00	503.888	500.666

Selon le tableau ci-dessus, la loi Weibull est celle qui s'ajuste le mieux à la série des débits de pointes enregistré au niveau de la station de Chichaoua. Le graphique ci-dessous montre les résultats obtenus :

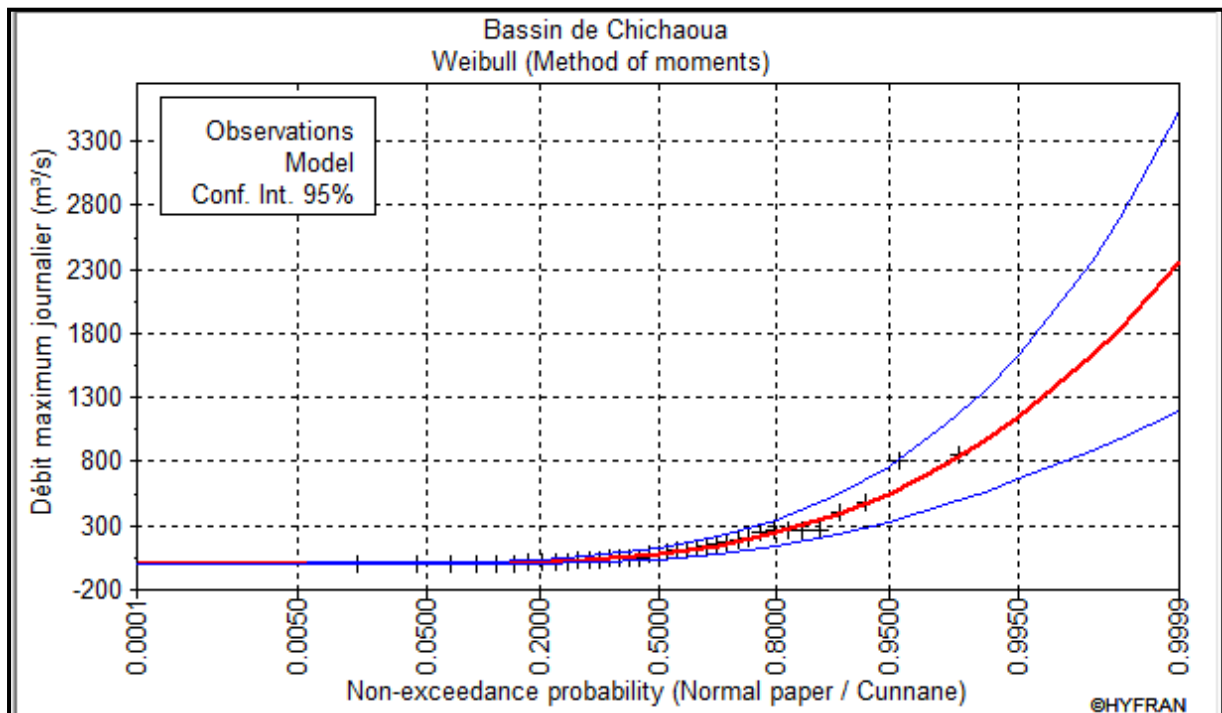


Figure 17. Graphique d'ajustement des Q_p annuels de la station Chichaoua selon la loi Weibull

Les quantiles des débits instantanés maximums annuels déduits de cette loi sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 9. Débits de pointe de la station de Chichaoua (Loi Weibull)

T	Q	Q(m3/s)	Standard	Intervalle de confiance
2	0,5	81,4	23,3	35,7 - 127
5	0,8	244	53,5	139 - 348
10	0,9	388	79,7	232 - 544
20	0,95	547	110	330 - 763
50	0,98	774	158	463 - 1080
100	0,99	956	201	563 - 1350
1000	0,999	1620	375	886 - 2360

Les débits de pointes calculés au droit de la station de Chichaoua par la méthode de l'ajustement statistique sont de même ordre de grandeur que ceux calculés dans le cadre de l'Etude de Protection contre les inondations du centre de Sidi Mokhtar – province de Chichaoua. Objet du Marché N° 03/2006/ABHT.

Tableau 10. Comparaison entre l'étude de l'ABHT et les résultats de notre étude

Période de retour	Q(m ³ /s)	
	Etude 2022	Etude ABHT (2006)
2	81,4	116
5	244	331
10	388	493
20	547	660
50	774	716
100	956	896
1000	1620	1086

b. Méthode de Gradex au droit de la station de Chichaoua

L'estimation des débits par la méthode de Gradex consiste en l'ajustement statistique des débits maximums journaliers et de la précipitation maximale journalière selon la loi de Gumbel, ainsi que par le calcul du coefficient de pointe, ainsi que la détermination du pivot qui est de 40 dans le cas du bassin versant de la station hydrométrique de Chichaoua.

Le Gradex de la pluie extrapolée à partir de la station pluviométrique d'Iloodjane.

Pour les données de précipitations journalières maximales, l'IC a employé les données de la station d'Iloodjane sur une période de 28 ans.

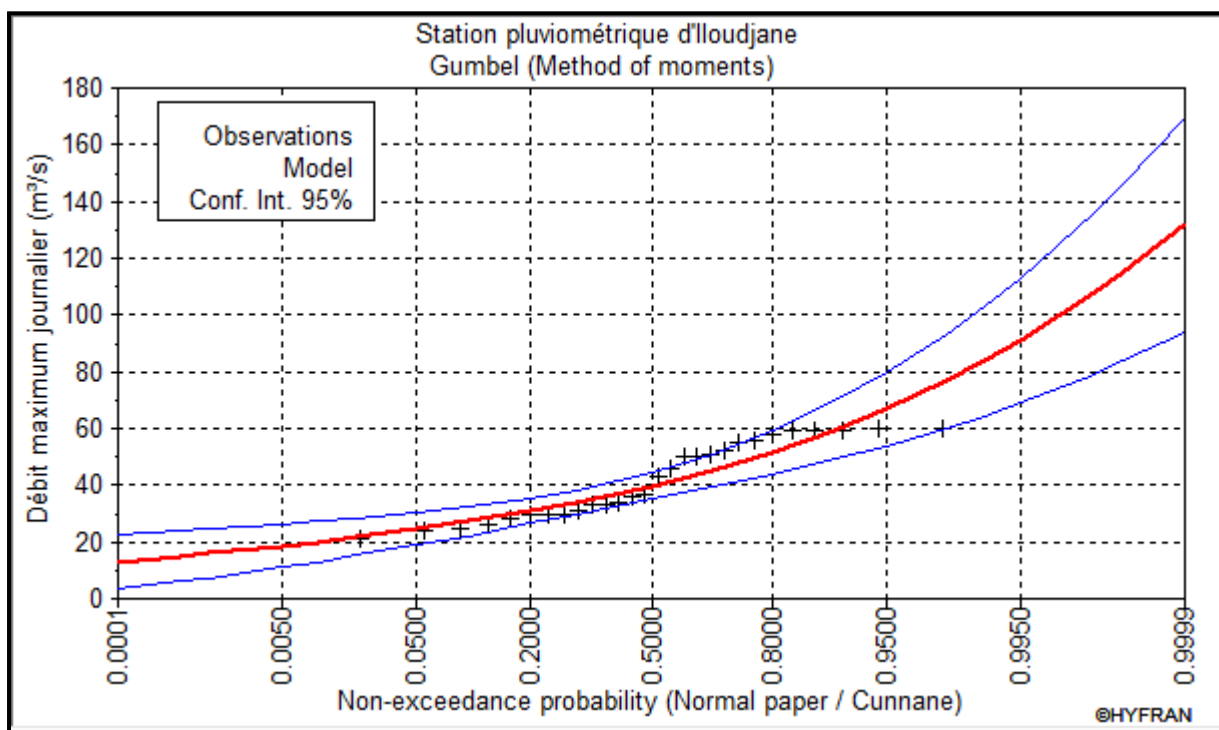


Figure 18. Graphique d'ajustement des précipitations Pjmax annuelles de la station Iloodjane

Les débits de pointe pour les différentes périodes de retour au droit de la station hydrologique

Chichaoua sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11. Débits de pointe de la station Chichaoua par la méthode de Gradex

Temps de retour [ans]	Fréquence empirique selon Hazen [-]	Variable réduite de Gumbel [-]	Précipitations estimées [mm/24h]	Débits moyen estimés [mm/24h]	Débits moyen extrapolés [mm/24h]	Débits moyen extrapolés [m ³ /s]	Débits de pointe extrapolés [m ³ /s]
20	0,95	2,97	66,91	6,79	0,90	21.40	86
50	0,98	3,90	76,63	8,74	10,62	251.96	1010
100	0.99	4.60	83.91	10.20	17.90	424.74	1703

Les débits de pointes calculés au droit de la station de Chichaoua par la méthode du Gradex sont de même ordre de grandeur que ceux calculés dans le cadre de l'Etude de Protection contre les inondations du centre de Sidi Mokhtar – province de Chichaoua. Objet du Marché N° 03/2006/ABHT.

Tableau 12. Comparaison des résultat de période de retour

Période de retour	Q(m3/s)	
	Etude 2022	Etude ABHT (2006)
20	86	660
50	1010	1414
100	1703	1982

CONCLUSION GENERALE :

Le travail réalisé dans le cadre de ce projet de fin d'étude a pour objectif l'étude hydrologique du bassin versant de l'oued Chichaoua. Ce cours d'eau est un affluent rive gauche de l'oued Tensift. Il est contrôlé par les stations hydrométriques de Chichaoua et Iloudjane qui assurent un suivi régulier des débits et des précipitations.

Cette étude a montré que :

- Les précipitations ont une grande variabilité. A l'échelle temporelle, les précipitations varient beaucoup d'une année à l'autre. Elles varient également à l'échelle saisonnière et mensuelle. Cette variabilité spatiotemporelle est un caractère habituel en milieu semi-aride où les paramètres climatiques sont irréguliers et aléatoires, d'où l'importance d'une gestion rationnelle des ressources en eau en ce milieu.
- Le bassin versant de Chichaoua est le résultat d'une évolution géomorphologique très longue où s'esquissent les caractères généraux des phases tectoniques affectant la région. Il présente les caractéristiques morphologiques suivantes :
 - Forme allongé ($K_c = 1.88$).
 - Altitudes élevées (altitude moyenne = 1050m),
 - Pente moyenne égale à 2,15 %
- L'étude hydrologique a permis d'estimer les débits de pointe au droit de la station de Chichaoua pour différentes périodes de retour. La méthode Gradex et l'ajustement statistique ont été utilisés pour le calcul des débits de pointes. Les résultats obtenus sont du même ordre de grandeur que ceux issus de l'étude de Protection contre les inondations du centre de Sidi Mokhtar – province de Chichaoua. Réalisée par l'ABHT en 2006 (Marché N° 03/2006/ABHT).

REFERENCES :

ABHT., 2009. Etude hydrologique pour la délimitation du domaine public hydraulique au niveau des tronçons des oueds Tensift, Chichaoua, Zat, Lahjar, Bouirate, Ned Yahia et Defla. Mission 1. [1]

ABHT., 2006. Etude de Protection contre les inondations du centre de Sidi Mokhtar – province de Chichaoua. Marché n°03/2006/ABHT.Mission 1. [2]

ABHT., 2010. Etude de délimitation des zones inondables dans la zone d'Action de l'ABHT. Marché n°45/2010/ABHT. Mission 1. [3]

Carte géologique de Marrakech 1/500000. [4]

Ichou A., 2014. L'eau dans les bassins versants de Chichaoua et Assif El Mal, Evaluation et gestion de la ressource. Mémoire de fin d'étude du Master Eau et Environnement. FST de Marrakech. Université Cadi Ayyad. 77 pages. [5]

Aroui K., 2016. Contribution à l'étude de la protection contre les inondations de la commune rurale d'Aourir. Mémoire de fin d'étude. Diplôme d'ingénieur à l'ENGEES de Strasbourg. 42 pages. [6]

Boufous K., 2021. Apports du SIG dans la cartographie des zones inondables : Cas du bassin d'Amizmiz. Région de Marrakech –Tensift- Al Haouz, province d'Al Haouz, (Maroc). Mémoire de fin d'étude de Licence Eau et Environnement. FST de Marrakech. Université Cadi Ayyad. 52 pages. [7]

SAFEGE., 2013. Zonage du risque d'inondation à l'échelle communale de Saint Génies de Comolas. Rapport de Phase 2 Etude du risque historique. 101 pages. [8]

Webographie :

Monographie de la Province de Chichaoua : <http://www.equipement.gov.ma/>

RGPH 2014 : <https://morocco.opendataforafrica.org/>

ANNEXE :

Définition de chaque type de sol :

Harch* : sols profonds dont la couleur varie selon leur situation alors que leur texture est généralement grossière. Leur teneur en matière organique est variable selon les apports.

Hamri* : sols profonds ou moyennement profonds, reposant souvent sur un substrat calcaire. Ils sont généralement décarbonatés en surface et pauvres en matière organique d'où une coloration vive. On les rencontre sur les versants et les anciens plateaux.

Rmel* : sols profonds, dont une partie est généralement constituée d'apport éolien (ou alluvial) et de texture grossière. Cet apport peut couvrir des formations argileuses (cas de la plaine de Doukkala). Ils sont pauvres en matière organique et leur capacité de rétention d'eau est faible. Ils sont largement exploités par les cultures maraîchères (sur le littoral).

Dehs* : sols très profonds, de texture grossière à très grossière, dont la genèse est dominée par des apports fluviatiles. Leur teneur en matière organique est variable. Ils sont situés le plus souvent aux bords des oueds.

Tirs* : sols profonds dont la teneur en argile est prépondérante, notamment les argiles gonflantes qui leur confèrent un comportement spécifique. Ils sont bien pourvus en éléments fertilisants et retiennent considérablement l'eau, autant d'atouts pour les cultures qu'ils supportent. Durs et compacts à l'état sec, puis collants à l'état humide, ces sols sont difficiles à travailler. Ce type de sol est généralement localisé dans les basfonds, grandes cuvettes, et grandes plaines (celle du Gharb).

Biad* : sols peu profonds ($P < 40$ cm) caillouteux et riches en calcaire, reposant sur croûte (dalle) calcaire. Ils sont localisés, généralement, sur des pentes ou plateaux. Ils occupent de grands espaces dans les régions arides et semi-arides du Maroc.

